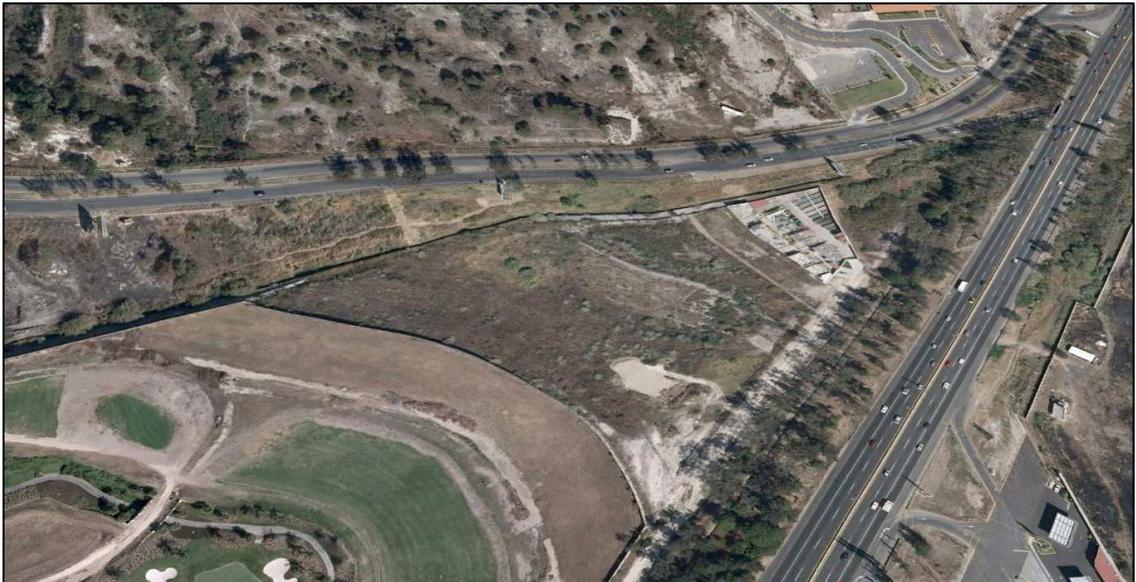




## GEOFÍSICA APLICADA RIESGO SUBTERRÁNEO Y CARACTERIZACIÓN DEL SUBSUELO PROYECTO CIATEQ, MUNICIPIO DE ZAPOPAN, JALISCO.



4 DE NOVIEMBRE 2015  
SUELOS Y CONTROL, S.A. DE C.V.

## PARTE 1

### 2 SONDEOS ELÉCTRICOS RIESGO SUBTERRÁNEO PROTECCIÓN CIVIL ZAPOPAN

#### ANTECEDENTES

A requerimiento de La Dirección De Seguridad Pública y Protección Civil del municipio de Zapopan se realizó la caracterización del subsuelo por medios geofísicos de un predio ubicado en la zona de intersección de la Av. Valle Real y el anillo periférico, municipio de Zapopan, Jalisco, estas técnicas indirectas de exploración se aplicaron para complementar los estudios de Mecánica de Suelos efectuados en el sitio.

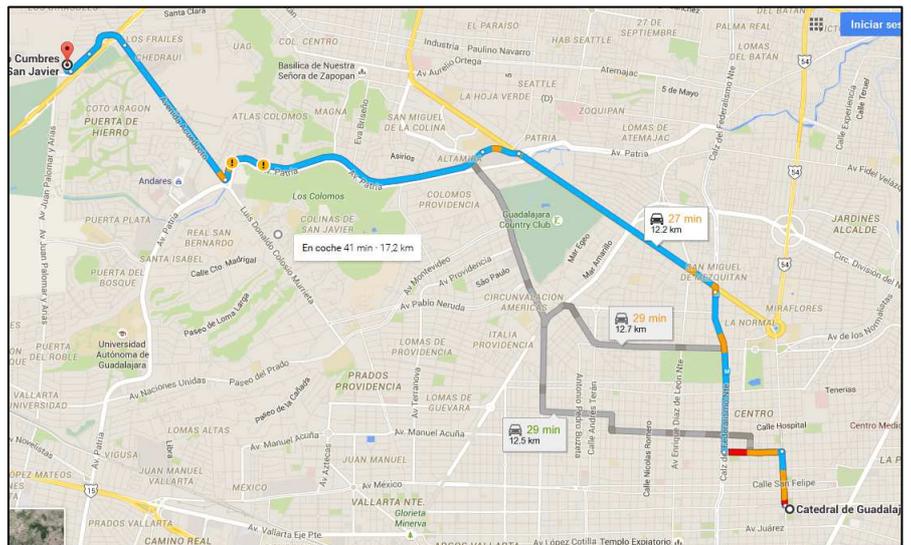
De este recurso se obtiene la distribución de las masas geológicas, secuencia estratigráfica, identificación del basamento pétreo, así como establecer el análisis de flujo del acuífero subterráneo, este procedimiento es correlacionable con la información directa obtenida a través de los métodos geotécnicos tradicionales.



#### LOCALIZACIÓN

El sitio de estudio se localiza en la parte noroeste del área metropolitana de la ciudad de Guadalajara, en el municipio de Zapopan, su acceso es a través de la Av. Periférico Norte Manuel Gómez Morán y en la zona del fraccionamiento Valle Real frente al ingreso del Instituto Cumbres San Javier se localiza la zona del proyecto.

Las coordenadas de ubicación son:  
13 663837 Este 2291968 Norte



EVALUACIÓN GEOFÍSICA PROSPECCIÓN DEL SUBSUELO  
PROYECTO CIATEQ AV. VALLE REAL Y PERIFÉRICO  
MUNICIPIO DE ZAPOPAN, JALISCO.

## OBJETIVO DE LA EXPLORACIÓN.

El objetivo de esta prospección es de caracterizar hasta una profundidad desde superficie y hasta una profundidad variable entre 30 y 60 metros la secuencia geológica y distribución, además de identificar eventuales anomalías asociadas a debilidades estructurales que pudieran comprometer las obras civiles proyectadas.

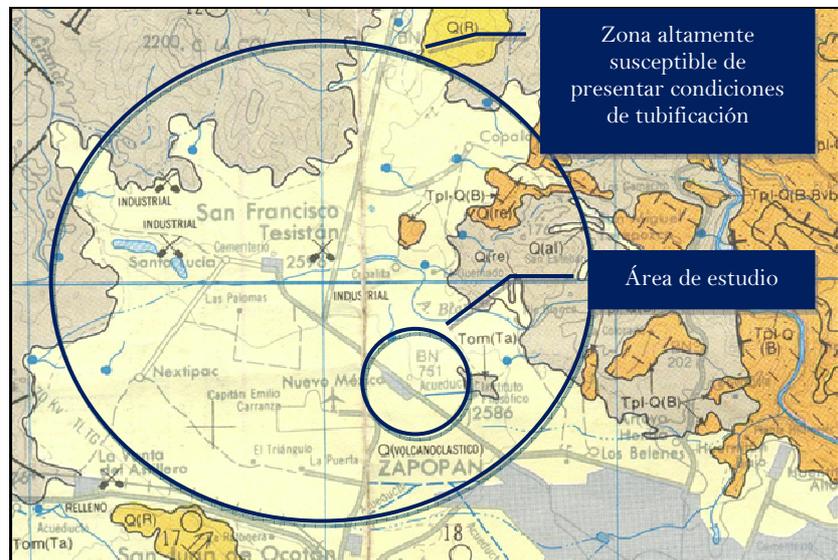
Se ha evidenciado que el sistema de drenaje subterráneo y el abatimiento de un promedio de 70 metros en el lapso de 20 años en los niveles estáticos del acuífero libre contenido en el horizonte piroclástico somero (jales y tobas arenosas) han acelerado un fenómeno erosivo subterráneo conocido como *Tubificación*, este mecanismo es susceptible de desarrollar dislocaciones de inestabilidad en el subsuelo los cuales pudieran generar siniestros de colapsos del techo de la oquedad como los presentados en la zona cercana a Santa Lucía – Nextipac.



## MARCO GEOLÓGICO

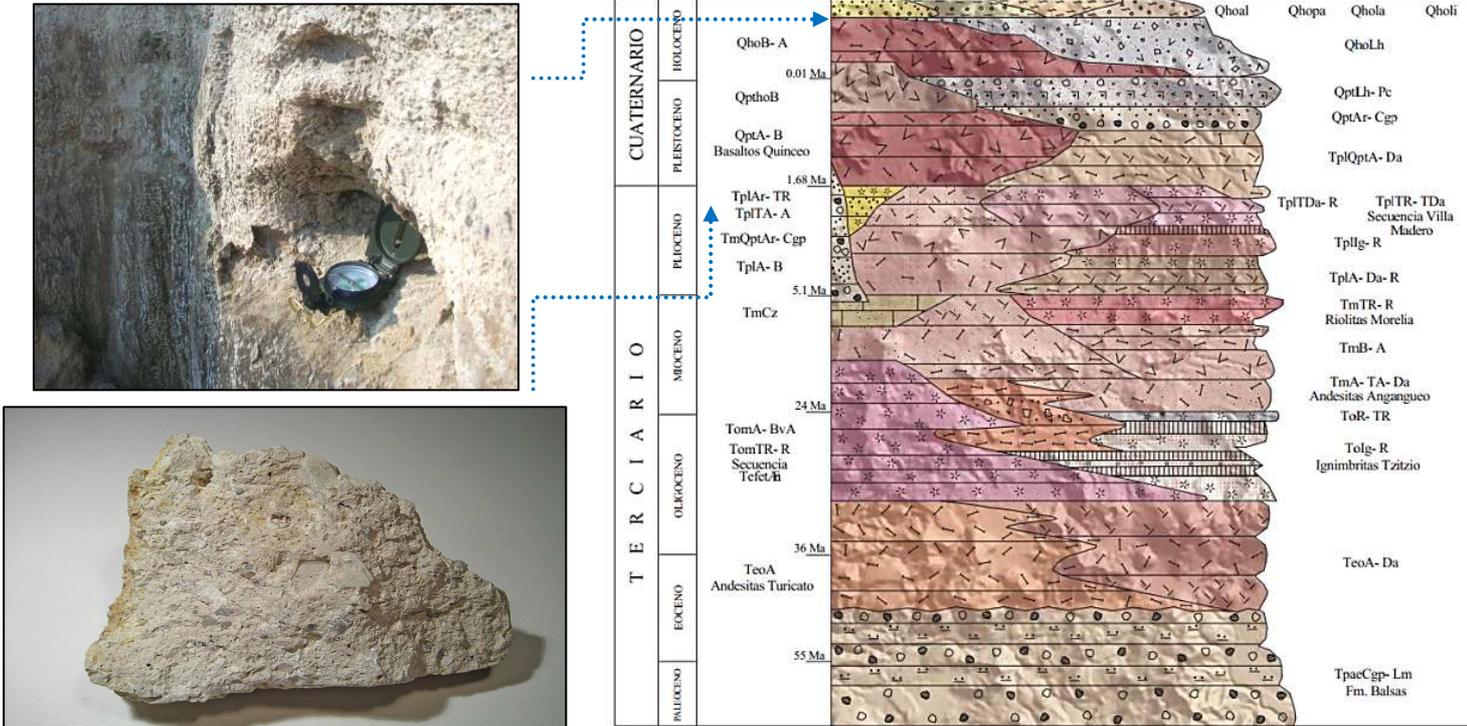
El ambiente litológico en las dos zonas de estudio consiste en una secuencia de depósito vulcanoclástico originado por eventos efusivos piroclásticos originados en la Caldera de La Primavera en el Cuaternario consistente en horizontes de grava pumítica interdigitada con limos y arcillas, este es el entono litológico donde se han presentado las oquedades o grietas motivo de el presente estudio.

A la secuencia granular antes mencionada lo subyace actividad lávica básica de edad Terciario la cuál depositó en forma discordante grandes volúmenes de basaltos con alternancias de arcillas residuales. A estos basaltos los subyace discordantemente a materiales de efusión cinerítica compacta pertenecientes a la unidad Toba Ácida de edad Terciario Oligoceno Mioceno, este horizonte es generalmente de espesores grandes y se prolonga a gran profundidad.



Se presenta la secuencia estratigráfica del área de estudio así como el aspecto físico de los materiales nativos.

**COBERTURA VOLCÁNICA**



**HIDROGRAFÍA**

La posición hidro - geográfica del sitio de estudio se define en el partaguas entre dos vertientes orientadas rumbo suroeste - noreste de la parte sur del sistema de drenaje Copalita Río — Blanco, afluente a la Cuenca del Río Santiago, su ubicación no involucra un emplazamiento estratégico de afectación a la dinámica hídrica de la cuenca, sin embargo es importante en el aspecto de cobertura de recarga ya que la alta capacidad de transmisividad por percolación a través de los suelos tobaceos arenosos puniticos altamente permeables les confiere relevancia al sustento del acuífero de tipo libre subterráneo.

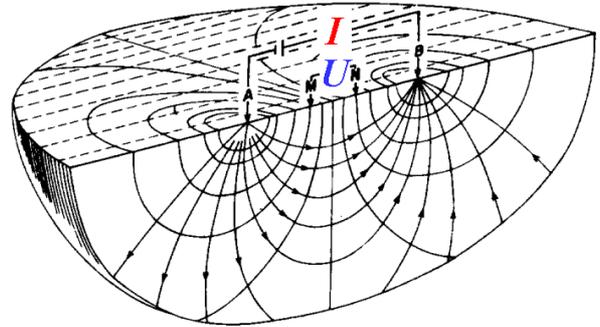


EVALUACIÓN GEOFÍSICA PROSPECCIÓN DEL SUBSUELO  
PROYECTO CIATEQ AV. VALLE REAL Y PERIFÉRICO  
MUNICIPIO DE ZAPOPAN, JALISCO.

## GEOFÍSICA

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE PROSPECCIÓN POR MEDIO MÉTODOS ELÉCTRICOS

Los recursos geofísicos para explorar el subsuelo y su caracterización geoelectrica son de gran utilidad para localizar eventos o estructuras subterráneas, además de proyectar y emplazar las obras de ingeniería necesarias para su adecuación o desarrollo.



### PROPIEDADES ELÉCTRICAS DE LAS ROCAS

La resistividad eléctrica  $\rho$  de cualquier sustancia de determina numéricamente por la resistencia que se obtiene en un centímetro cúbico de esa sustancia, tomando en forma de cubo, a la corriente eléctrica dirigida perpendicularmente a una de las aristas de ese cubo, esta resistividad se mide típicamente en ohm-metro.

La magnitud inversa de la resistividad,  $\gamma = 1 / \rho$  se denomina conductividad eléctrica, sus unidad son siemens por metro (Sm/m, Sm/cm).

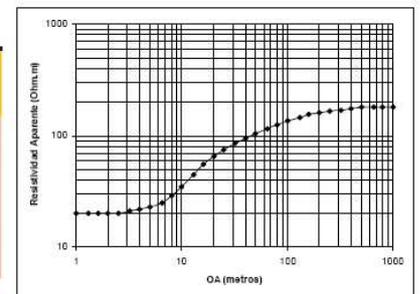
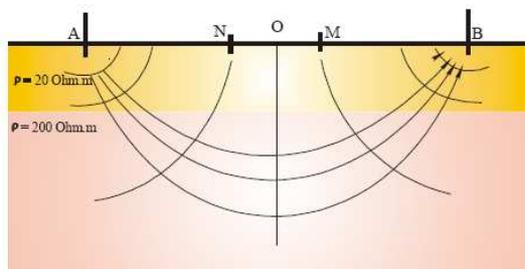
A una roca como conductor de corriente eléctrica, se le puede considerar como un agregado que consta de un esqueleto sólido mineral, de líquidos y gases, En la resistividad de este agregado influyen los siguientes factores:

1. La resistividad de los minerales que forman la parte sólida de la roca.
2. La resistividad de los líquidos y gases que rellenan los poros de la roca.
3. La humedad de la roca.
4. La porosidad de la roca.
5. La textura de la roca y la forma y distribución de sus poros.

Para aplicar el método de resistividad se aplica un campo eléctrico mediante dos tomas de corriente puntuales A y B a través de estas tomas de tierra denominadas de emisión se introduce al terreno una corriente eléctrica de intensidad I. Entre dos puntos de del terreno y con ayuda de dos tomas de tierra M y N de medición se miden las diferencias de potenciales  $\Delta V$ .

$$\rho = 2\pi a \Delta V / I \quad K = (\pi / 2(L^2 - l^2) / I)$$

La disposición relativa de las tomas de tierra A, B, M y N que forman el dispositivo tetrapuntual se determina en base a las características del problema geológico a resolver.

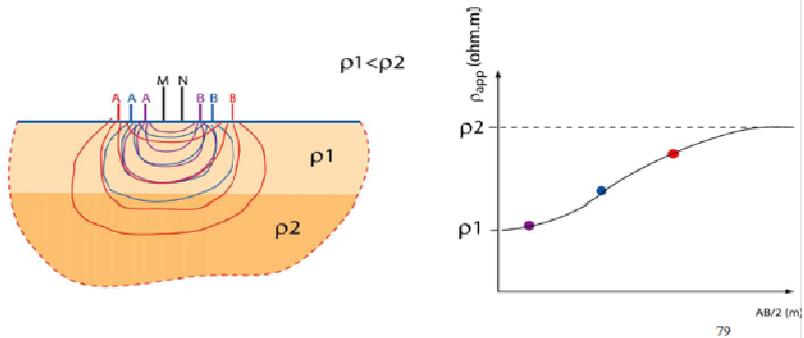


Actualmente el dispositivo tertraelectrónico simétrico AMNB (tipo Schlumberger) es el mas extendido para trabajar el método de resistividad.

### TEORÍA DEL SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

Frente a la presencia de un dispositivo Schlumberger en el terreno, la magnitud de la resistividad aparente de dicho dispositivo depende de cómo estén distribuidas en el semiespacio inferior las rocas de diferentes resistividades, además de la posición relativa de las tomas de tierra tanto de emisión como de recepción y la profundidad de penetración de la corriente en el terreno, la cual se consigue aumentar la distancia entre tomas de corriente.

### Vertical electrical sounding (VES)



Los datos de campo son presentados en forma de curvas de campo, su procesamiento digital es a base del software **Geosoft** y **SURFER 8** y su interpretación cuantitativa nos arroja información para basar una caracterización hidrogeológica del subsuelo estudiado.

### METODOLOGÍA APLICADA

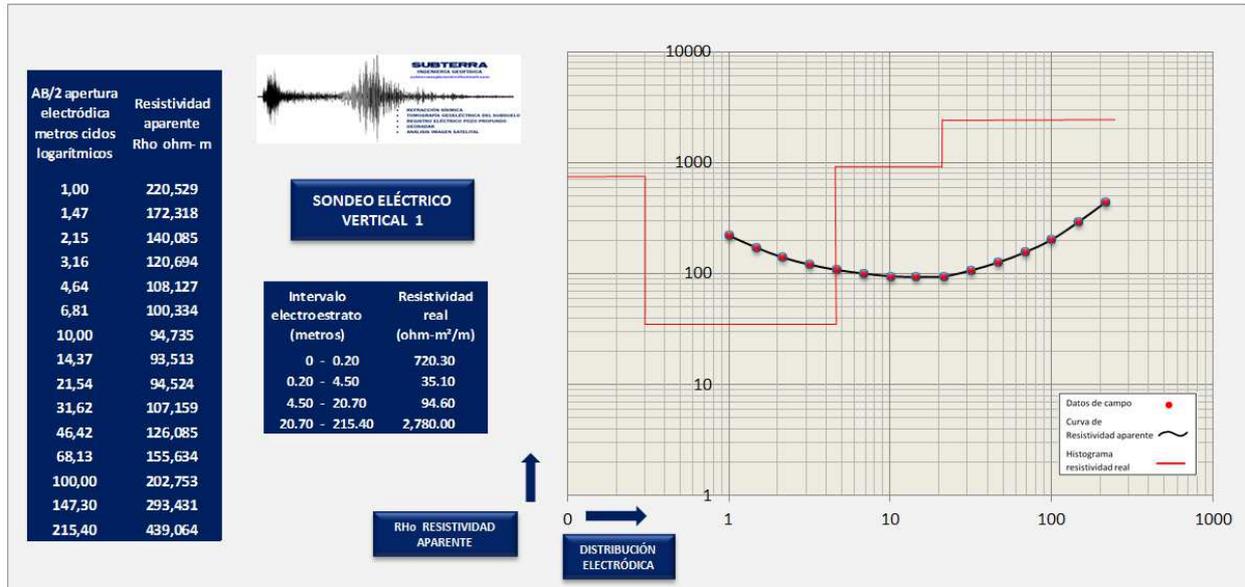
La prospección geofísica consistió la aplicación del dispositivo geofísico identificado como Sondeos Eléctricos Verticales tipo Schlumberger de los cuales se levantaron datos en 3 puntos de observación, obteniéndose las secuencias geoelectricas con datos de resistividades reales, base para inferir la estratigrafía del sitio.

El instrumento de medición en ambos casos fue un resistivímetro en corriente continua marca **GEOEXPLORADOR**, energizado con una fuente de poder de 120 Volts, frecuencia de 3 Hertz y potencia de 300 Watts.

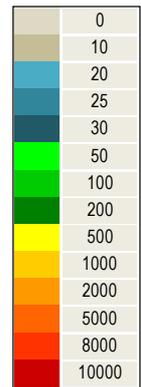


## SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES

CIATEQ - SEV 1 13 663865 E 2291886 N Altitud 1592 msnm

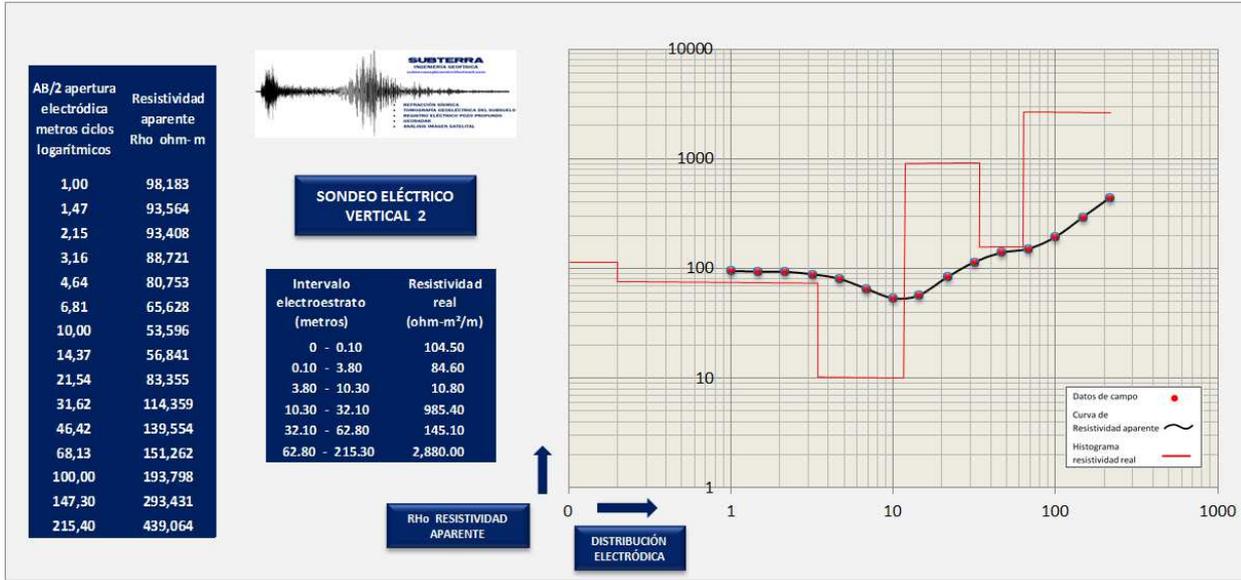


SEV 1 PROYECTO CIATEQ - ZAPOPAN, JALISCO					
Sondeo Eléctrico Vertical Tipo Schlumberger				Escala cromática	Secuencia estratigráfica inferida
Prof (mt)	Intervalo (metro)	Resistividad Real (Ω-m)			
	ELECTROESTRATO I	0 - 0.20	720.30		Conglomerado pumítico
	ELECTROESTRATO II	0.20 - 4.50	35.10		Toba limosa
-10	ELECTROESTRATO III	4.50 - 20.70	94.60		Toba arenosa
-20					
-30					
-40					
-50					
-60					
-70					
-80					
-90					
-100					
-110	ELECTROESTRATO IV	20.70 - 215.40	2,780.00		Basamento riolítico
-120					
-130					
-140					
-150					
-160					
-170					
-180					
-190					
-200					
-210					

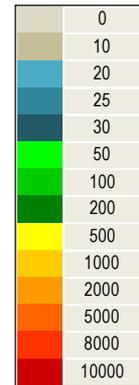


EVALUACIÓN GEOFÍSICA PROSPECCIÓN DEL SUBSUELO  
PROYECTO CIATEQ AV. VALLE REAL Y PERIFÉRICO  
MUNICIPIO DE ZAPOPAN, JALISCO.

CIATEQ - SEV 2 13 663837 E 229168 N Altitud 1595 msnm



SEV 2 PROYECTO CIATEQ - ZAPOPAN, JALISCO					
Sondeo Eléctrico Vertical Tipo Schlumberger				Escala cromática	Secuencia estratigráfica inferida
Prof (mt)	Intervalo (metro)	Resistividad Real (Ω-m)			
	ELECTROESTRATO I	0 - 0.10	104.50		Conglomerado pumítico
	ELECTROESTRATO II	0.10 - 3.80	84.60		Toba limosa
-10	ELECTROESTRATO III	3.80 - 10.30	10.80		Horizonte arcilloso
-20	ELECTROESTRATO IV	10.30 - 32.10	985.40		Conglomerado de pumita
-30	ELECTROESTRATO V	32.10 - 62.80	145.10		Toba arenosa
-40					
-50					
-60	ELECTROESTRATO VI	62.80 - 215.30	2,880.00		Basamento riolítico
-70					
-80					
-90					
-100					
-110					
-120					
-130					
-140					
-150					
-160					
-170					
-180					
-190					
-200					
-210					



EVALUACIÓN GEOFÍSICA PROSPECCIÓN DEL SUBSUELO  
PROYECTO CIATEQ AV. VALLE REAL Y PERIFÉRICO  
MUNICIPIO DE ZAPOPAN, JALISCO.

## DISTRIBUCIÓN DE LOS PUNTOS DE OBSERVACIÓN



## CONCLUSIONES

- La información geofísica obtenida es la base para inferir la secuencia litoestratigráfica arriba presentada, es correlacionable con la información obtenida en estudios anteriores y perforaciones exploratorias efectuadas en la vecindad del sitio con una cima de material de depósito volcanoclastico con granulometría muy diversa, un nivel de saturación no generalizado en un acuífero estacional de tipo libre y la presencia en el fondo de un basamento riolítico con una topografía muy irregular, en este caso registrado a una profundidad de 20 y 62 metros respectivamente.
- La presencia de oquedades o grietas saturadas de aire genera resistividades eléctricas la cuales tienden a infinito (resistividad del aire) para inferir esta condición estadísticamente se han obtenido resistividades entre 8,000 y 12,000 ohm-m. en este caso particular este rasgo no se presentó.

LA INFORMACIÓN GEOFÍSICA REGISTRADA EN EL PREDIO DE ESTUDIO NO PRESENTA INDICIOS CORRELACIONABLES CON LA PRESENCIA DE ANOMALÍAS ESTRUCTURALES QUE PUDIERAN COMPROMETER LAS OBRAS CONSTRUCTIVAS PROYECTADAS, EL SITIO SE INFIERE CON LA ESTABILIDAD EN SU SECUENCIA DE DEPOSITO NECESARIA PARA EL DESPLANTE DE CIMENTACIONES, ESTE ANTECEDENTE DEBERÁ SER DETALLADO CON LOS TRABAJOS DE GEOTÉCNIA NORMATIVOS CORRESPONDIENTES.

## PARTE 2

### TOMOGRAFÍA GEOELÉCTRICA BASE DIPOLO – DIPOLO CARACTERIZACIÓN DEL SUBSUELO

En este apartado se cubre el objetivo de presentar un escenario integral de la distribución de las masas litológicas y la secuencia estratigráfica de la zona de interés, esto, para preparar y complementar los trabajos de mecánica de suelos.

El dispositivo geofísico utilizado es el arreglo dipolo dipolo, con procesamiento de tomografía geoeléctrica, con el levantamiento de un línea de rastreo con una longitud de 135 metros y una profundidad de investigación constante a 50 metros de profundidad.

Se presentan la descripción del método, fundamentos teóricos y sus bases técnicas.

#### TOMOGRAFÍA GEOELÉCTRICA

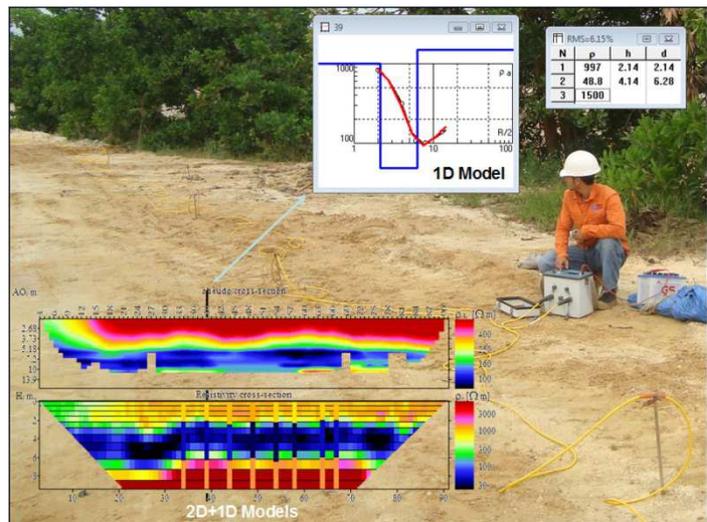
La Tomografía Eléctrica es una técnica geofísica para el estudio del subsuelo que consiste en determinar la distribución de un parámetro físico característico del mismo dentro de un ámbito espacial limitado, a partir de un número muy elevado de medidas realizadas desde la superficie del terreno o desde perforaciones.

La Tomografía Eléctrica tiene por objetivo específico determinar la distribución real de la resistividad del subsuelo en el ámbito comprendido entre dos perforaciones o bien hasta un cierto rango de profundidad a lo largo de un perfil de medida, a partir de los valores de resistividad aparente obtenidos mediante medidas realizadas por métodos convencionales de corriente continua.

Un factor clave de esta técnica es el número y distribución de las medidas de campo ya que de él depende tanto su resolución como la profundidad de

investigación. Como regla general, un estudio de Tomografía Eléctrica requiere la obtención de un número muy elevado de datos, con un pequeño espaciado entre medidas para conseguir la necesaria resolución lateral y también que las medidas se realicen involucrando de forma progresiva varios rangos de profundidad.

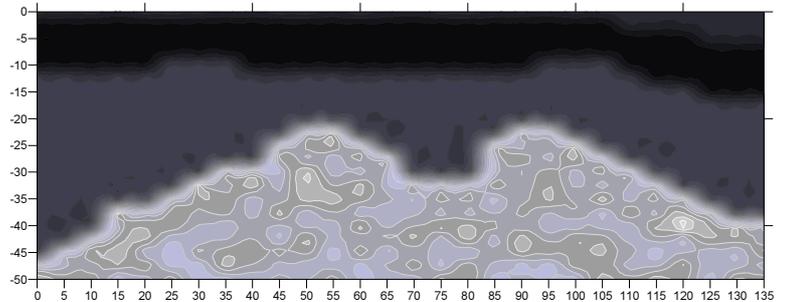
El resultado final de este tipo de estudio es una Imagen distancia profundidad con la distribución de la resistividad real del subsuelo, fácilmente comprensible en términos geológicos, geotécnicos o ambientales.



PERFIL DE TOMOGRAFÍA GEOELÉCTRICA PROYECTO CIATEQ.

**PRIMER FILTRADO**

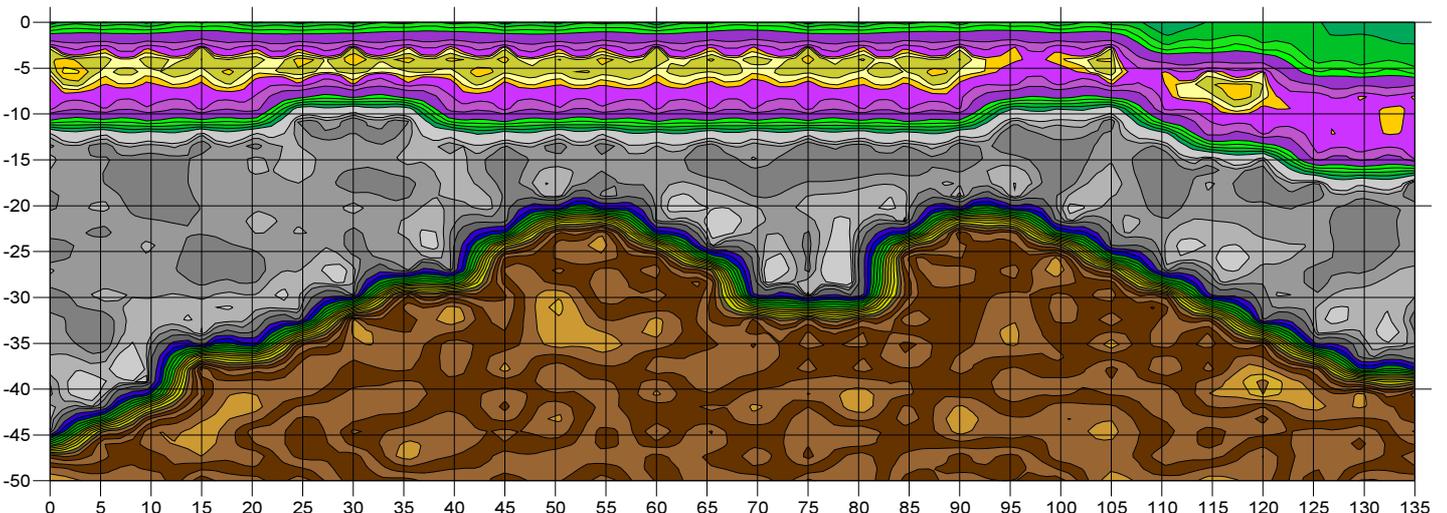
La distribución de resistividades obtenidas en este perfil presenta en una primera fase de filtrado 3 bandas de iso-resistividades, en el fondo un cuerpo de alta resistividad, (2,000 a 2,500 ohm-m) en gris claro correlacionable con el basamento riolítico, una segunda banda entre 10 y 30 metros de profundidad con resistividad entre 500 y 600 ohm-m generados por arenas limosas de alta compacidad y en la banda superior se establece un rango entre 10 y 400 ohm-m que integra tobas arenosas de baja compacidad incluyendo los materiales de relleno — escombros pre-inferidos.



**SEGUNDO FILTRADO**

En base al primer filtraje se sub-segmentaron las bandas de resistividad obteniéndose la distribución de los diferentes elementos en la unidad superior con identificación de 3 de ellos:

- Verdes para resistividades entre 300 y 400 ohm-m y se asocia a la cima mal acomodada de secuencia de arenas y jales
- Morados mapean resistividades entre 40 y 50 ohm y es generada por litología de arenas limosas con interdigitaciones de gravillas, con registro de compacidad media
- Amarillo-ocre incluye los elementos que generan las más bajas resistividades, entre 10 y 20 ohm-m y está asociado al relleno de escombros no nativo.
- Café, se registra en el fondo del perfil con una topografía muy irregular, que afecta a las capas subyacentes pero que se amortigua conforme se llega a la superficie, es generado por el basamento cristalino riolítico.



EVALUACIÓN GEOFÍSICA PROSPECCIÓN DEL SUBSUELO  
PROYECTO CIATEQ AV. VALLE REAL Y PERIFÉRICO  
MUNICIPIO DE ZAPOPAN, JALISCO.

### ANEXO FOTOGRÁFICO



ATENTAMENTE

Ing. Geofísico José Antonio Castañeda de la Rosa  
Guadalajara, Jalisco  
15 de Noviembre 2015  
Asociación Geohidrológica Mexicana  
Unión Geofísica Mexicana



EVALUACIÓN GEOFÍSICA PROSPECCIÓN DEL SUBSUELO  
PROYECTO CIATEQ AV. VALLE REAL Y PERIFÉRICO  
MUNICIPIO DE ZAPOPAN, JALISCO.